

Bild 5
Energie-Kontroll- und
Regeleinrichtung

einrichtungen (z. B. EKE 001). Mit diesen Geräten werden die Betreiber in die Lage versetzt, den hohen Anforderungen der betrieblichen Energiewirtschaft besser gerecht zu werden (Bild 5). Ein weiterer Schwerpunkt ist die Einhaltung des geforderten $\cos \varphi$.

Durch die weitere Mechanisierung und Automatisierung der Landwirtschaft steigt die Anzahl der elektrotechnischen Betriebsmittel mit induktiver Belastung. Ein erhöhter Aufwand an Kompensationsmitteln ist notwendig,

um den Blindstrom in den geforderten Grenzen zu halten.

Vom Betreiber sollte z. B. darauf geachtet werden, daß die Auswahl und der Einsatz von Elektromotoren so erfolgen, daß diese möglichst nahe der Nennlast betrieben werden. Je weiter der Betrieb von Elektromotoren unter der Nennlast erfolgt, desto größer ist die induktive Belastung des Netzes.

Eine interessante Variante der Kompensation wird im VEG Tierzucht Nordhausen prakti-

ziert. In der dortigen industriemäßigen Schweißmestanlage gab es große Probleme mit Schäden in der Kabelanlage durch Schladnager. Man hat die Erfahrung gemacht, daß Kabel und Leitungen weniger benagt werden, wenn sie unter Spannung stehen. Aufgrund dieser Tatsache wurden überall dort, wo es möglich war, die Schalter für die Inbetriebnahme der Verbraucher unmittelbar am Betriebsmittel angebracht und die Leitungen durch Kondensatoren kapazitiv belastet. Neben den verringerten Schäden durch Schladnager wurde auch eine Kompensationswirkung erreicht, da die Kondensatoren ständig in Betrieb bleiben.

3.2. Ideologische Maßnahmen

Von den Leitern der landwirtschaftlichen Betriebe sollte die Einhaltung der Maßnahmen der Energieeinsparung in das innerbetriebliche Wettbewerbsprogramm aufgenommen werden. In der 1930er-Milchviehanlage Mihla wird z. B. ein Wettbewerb zwischen den Schichtkollektiven geführt. Die Auswertung des Energieverbrauchs erfolgt am Quartalsende. Weiterhin besteht die Möglichkeit, durch überbetriebliche Wettbewerbsführung mit industriemäßigen Anlagen gleichen Typs alle Mitarbeiter anzuhalten, die gegebenen Hinweise strikt zu beachten und den Energieverbrauch auf ein Minimum zu senken.

A 3302

Berührungsspannungen bei Lichtbogen-Schweiß- und -Schneidarbeiten in Anlagen der Tierproduktion

Dr.-Ing. M. Feydt, KDT, Institut für Energieversorgung Dresden

Dr.-Ing. H. Rößner, KDT, Zentrale Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim

Ing.-Päd. E. Damme, KDT/Dipl.-Gewerbelehrer M. Ruhland, KDT/Dipl.-Ing. M. Meixner, KDT

Betriebsschule beim Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft, Spezialschule für Landtechnik Großenhain

Ing. H. Henning, KDT, Zulassungskommission für Schweißbetriebe der Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft der DDR

Unter Hinweis auf den Schutz von Nutztieren gegen zu hohe Berührungsspannungen beim Elektroschweißen in mit Tieren belegten Stallanlagen begrenzt der DDR-Standard TGL 30270/02 Abschn. 2.2.4.2.5.2.[1] die zulässigen Leerlaufspannungen der für derartige Arbeiten einzusetzenden Schweißstromquellen [2, 3]. Für die Rekonstruktion und Modernisierung von Stallanlagen sowie für die Instandhaltung in Anlagen der Tierproduktion ergibt sich aus dieser Begrenzung eine erhebliche Verringerung der Arbeitsproduktivität, da einerseits

— die Mehrzahl der verfügbaren Schweißstromquellen in belegten Stallanlagen nicht eingesetzt werden darf

— mit den zulässigen Leerlaufspannungen die erforderlichen Schweißströme in vielen Fällen nicht erreicht werden,

andererseits aber 31% aller Produktionsgrundarbeiten im landtechnischen Anlagenbau Schweißarbeiten sind.

Angeregt durch Zweifel am Erfordernis der festgelegten Begrenzung der Leerlaufspannungen, hat die gemeinsame Arbeitsgruppe Schutzmaßnahmen in Tierproduktionsanlagen der Fachunterausschüsse 1.9. und 1.15. der KDT die bei Elektroschweißarbeiten in belegten Stallanlagen tatsächlich entstehenden Ge-

fährungen und Berührungsspannungen für Nutztiere experimentell überprüft. Über wesentliche Ergebnisse dieser in den Jahren 1979/80 durchgeführten Untersuchungen [4] wird nachfolgend berichtet.

1. Experimentelle Untersuchungen

Die experimentellen Untersuchungen wurden — in zur Rekonstruktion vorgesehenen Stallanlagen mit der Schutzmaßnahme Nullung und Potentialausgleich zur Wasserleitung nach Standard TGL 200-0602/03 Abschn. 1.5.[5] im Bereich der Tierproduktionsanlage außerhalb des untersuchten Stallgebäudes, jedoch ohne Potentialausgleich und Potentialsteuerung nach Standard TGL 200-0629/01 Abschn. 3.3.[6] und — in rekonstruierten Stallanlagen mit der Schutzmaßnahme Nullung mit Potentialausgleich nach Standard TGL 200-0629/01 Abschn. 3.3.2. und natürlicher Potentialsteuerung¹⁾ durchgeführt.

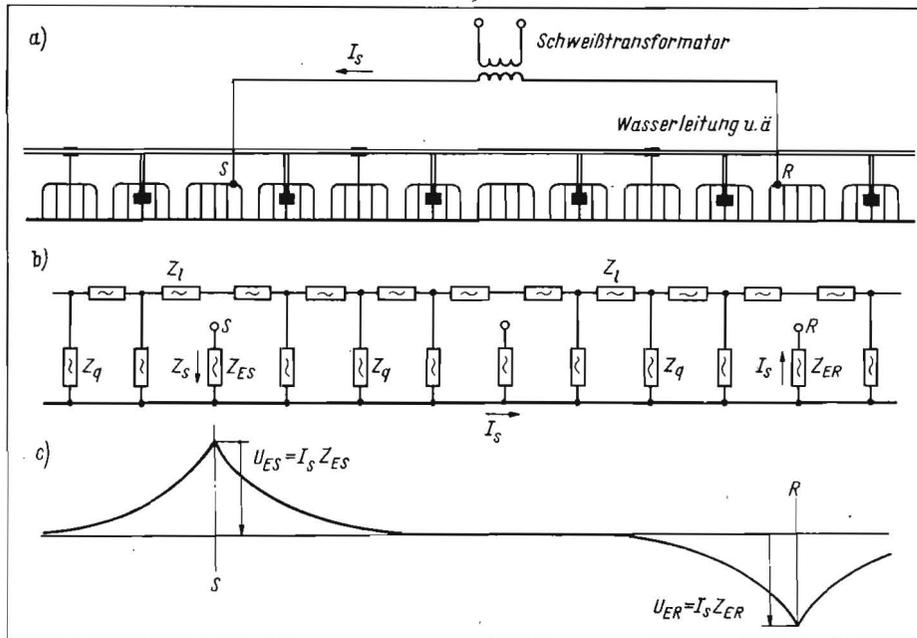
Besonders wurden 100er-Milchviehanlagen (MVA) untersucht. Der Aufbau der Schweißstromkreise erfolgte unter Verwendung handelsüblicher Schweißausrüstungen mit einem Schweißtransformator „Junior“ als Schweißstromquelle. Der Schweißstrom I_s wurde mit

einem in der Zuleitung zum Elektrodenhalter geschalteten Strommesser gemessen. Ein zwischen die Klemmen der Schweißstromquelle geschalteter Spannungsmesser gestattete die Messung der Leerlaufspannung U_{50} der Schweißstromquelle und des Spannungsabfalls U_s im Schweißstromkreis beim Schweißen. Die Berührungsspannungen zwischen dem zu schweißenden Bauteil und

— gegenüber diesem isoliert angeordneten Metallkonstruktionen oder metallenen Rohrleitungen

— dem Fußboden benachbarter Standflächen oder zwischen Metallkonstruktionen sowie metallenen Rohrleitungen und dem Fußboden benachbarter Standflächen wurden auf der Grundlage der Forderungen nach Standard TGL 200-0603/08 Abschn. 4.3.[7] mit einer zur Messung der Berührungsspannung für Nutztiere modifizierten Meßanordnung ermittelt. Bei von der Schweißstelle entferntem Anschluß

1) Unter natürlicher Potentialsteuerung wird die Beeinflussung des Potentialverlaufs entlang der Oberfläche des Stallfußbodens durch mit dem Fußboden elektrisch leitend verbundene Metallkonstruktionen der Standausrüstung oder metallene Fußböden verstanden.



Tafel 1. Berührungsspannungen bei Verbindung des Elektrodenhalters mit einzelnen stehenden Metallteilen ohne metallische Verbindung zur von der Schweißstelle entfernten Anschlußstelle der Rückstromleitung (Versuchsreihe 1)

Versuchsanordnung	Berührungsspannung bei $U_{S0} = 70 \text{ V}$	
	an der Schweißstelle	im sonstigen Standbereich der Tiere
Rückstromleitung an einem stehendem Metallteil $Z_{ES} = 47,4 \Omega$ $Z_{ER} = 39,5 \Omega$	$U_{B0} = 16,9 \text{ V}$ $U_{B 200 \text{ max}} = 14,4 \text{ V}$ Schrittspannung: $U_{S 200 \text{ max}} = 4,2 \text{ V}$	0,48 V 0,41 V 0,05 V
Rückstromleitung an durchgehender Standausrüstung (Wasserleitung für Selbsttränken)		
— Stall 1 mit $Z_{ES} = 47,4 \Omega$ $Z_{ER} = 1,5 \Omega$	$U_{B0} = 30,6 \text{ V}$ $U_{B 200 \text{ max}} = 26,0 \text{ V}$ Schrittspannung: $U_{S 200 \text{ max}} = 7,6 \text{ V}$	2,55 V 2,16 V 0,62 V
— Stall 2 mit $Z_{ES} = 25,5 \Omega$ $Z_{ER} = 1,5 \Omega$	$U_{B0} = 66,2 \text{ V}$ $U_{B 200} = 27,7 \text{ V}$ $U_{B 200 \text{ max}} = 56,3 \text{ V}$ liegendes Rind: $U_{B 200} = 45,8 \text{ V}$	1,06 ... 1,82 V 0,69 ... 1,07 V 0,90 ... 1,55 V

der Rückstromleitung wurde auch der Spannungsabfall $U_{S,R}$ zwischen der Schweißstelle S und dem Anschluß der Rückstromleitung R gemessen, um Aussagen über die Größe der Längsimpedanzen von Metallkonstruktionen, metallenen Rohrleitungen und anderen mit diesen in Verbindung stehenden metallenen Leitern zu gewinnen.

Erdungsimpedanzen, Erder- und Erdungsspannungen der Stallanlagen wurden nach Standard TGL 200-0603/08 Abschn. 4. ermittelt. Neben einigen Vorversuchen zur qualitativen Einschätzung der Verhältnisse wurden folgende vier Versuchsreihen durchgeführt, die der Nachbildung vorschriftsmäßiger und unvorschriftsmäßiger Betriebszustände beim Schweißen in Stallanlagen dienen:

- Verbindung des Elektrodenhalters mit einzelnen stehenden Metallteilen ohne metallische Verbindung zur Anschlußstelle der Rückstromleitung (Versuchsreihe 1).
- Schweißen an Bauteilen, die mit der von der

Bild 1 Ersatzschaltung des Kettenleiters der metallenen Standausrüstung bei Anschluß der Rückstromleitung und Schweißstelle an verschiedenen einzelnen stehenden Metallteilen in einer Stallanlage ohne Potentialausgleich;

I_S Schweißstrom, S Schweißstelle, R Anschluß der Rückstromleitung, Z_1 Längsimpedanzen des Kettenleiters, Z_q Querimpedanzen, Z_{ES} Erdungsimpedanz an der Schweißstelle, Z_{ER} Erdungsimpedanz an der Rückleiteranschlußstelle, U_{ES} Erderspannung an der Schweißstelle, U_{ER} Erderspannung am Anschluß der Rückstromleitung

- a) Standausrüstung
- b) Kettenleiter
- c) Potentialverlauf auf dem Stallfußboden

Schweißstelle entfernten Anschlußstelle der Rückstromleitung metallisch verbunden sind, in Stallanlagen ohne Potentialausgleich und Potentialsteuerung nach Standard TGL 200-0629/01 (Versuchsreihe 2).

- Schweißen an Bauteilen, die mit der von der Schweißstelle entfernten Anschlußstelle der Rückstromleitung metallisch verbunden sind, in Stallanlagen mit Potentialausgleich nach Standard TGL 200-0629/01 und natürlicher Potentialsteuerung (Versuchsreihe 3).

- Vorschriftsmäßiges Schweißen gemäß Standard TGL 30270/02 in Stallanlagen ohne Potentialausgleich und Potentialsteuerung nach Standard TGL 200-0629/01 mit elektrisch leitender Verbindung der zu schweißenden Teile durch eine isolierte Kabelbrücke (Versuchsreihe 4).

In den Versuchsreihen 1 bis 3 lagen die Schweißstellen und die unvorschriftsmäßig von ihnen entfernten Anschlußstellen der Rückstromleitungen teils im Bereich einer Stand-

fläche, teils im Bereich verschiedener Standflächen beiderseits eines Futtergangs. In der Versuchsreihe 2 bestand eine metallische Verbindung zwischen der Schweißstelle und der Anschlußstelle der Rückstromleitung längs der Standflächen über die Wasserleitung der Selbsttränken (Schraubmuffen), über die metallene Vakuumleitung der Melkanlage und die Achse der Fangvorrichtung, zwischen den Standflächen nur über die beiden Rohrleitungen. Die Leerlaufspannungen der Schweißstromquelle lagen zwischen 55 und 70 V, die Schweißströme zwischen 73 und 120 A. Die Untersuchungen erfolgten in unbelegten, später in teil- und vollbelegten Stallanlagen.

2. Ergebnisse

2.1. Versuchsreihe 1

Die höchsten, in die Größenordnung der nach Standard TGL 200-0629/01 maximal zulässigen Berührungsspannung für Nutztiere von 24 V fallenden Berührungsspannungen wurden in der Versuchsreihe 1 gemessen (Tafel 1).

Die Ursache liegt in der unvorschriftsmäßig fehlenden elektrisch gut leitenden Verbindung zwischen dem zu schweißenden Bauteil und dem Anschluß der Rückstromleitung. Wird letzterer, wie in der Versuchsreihe 1, aus Bequemlichkeit an einer zentralen Stelle der Stallanlage an die Standausrüstung oder gar an einem einzelnen stehenden Metallteil vorgenommen, so trifft beim Schweißen an einem ebenfalls einzelnen stehenden Metallteil die Ersatzschaltung nach Bild 1 zu. Im Schweißstromkreis liegen neben den Impedanzen der Schweißleitungen die Erdungsimpedanz Z_{ES} des zu schweißenden Bauteils und die Erdungsimpedanz Z_{ER} der Standausrüstung oder des einzelnen stehenden Metallteils, an dem sich der Anschluß der Rückstromleitung befindet. Wegen der Größe dieser Impedanzen fließt im Schweißstromkreis nur ein geringer Strom, ohne daß der Schweißlichtbogen zündet. Es fällt praktisch die gesamte Leerlaufspannung U_{S0} der Schweißstromquelle über der Summe der Erdungsimpedanzen an der Schweißstelle und am Anschluß der Rückstromleitung ab, d. h., die Leerlaufspannung ist gleich der Summe beider Erderspannungen

$$U_{S0} = U_{ES} + U_{ER} \quad (1)$$

Für eine grobe Abschätzung der zu erwartenden Leerlauf-Berührungsspannungen²⁾ kann man (besonders für einzeln stehende Metallteile mit geringen Abmessungen ihrer Verankerungen im Fußboden oder Mauerwerk) annehmen, daß die Leerlauf-Berührungsspannungen U_{B0} — wegen der ebenfalls geringen Abmessungen der Spannungstrichter um die natürlichen Erder der Metallteile — gleich den Erdungsspannungen werden können. Damit ergibt sich für die maximal zu erwartende Leerlauf-Berührungsspannung an der Schweißstelle

$$U_{B0, \text{max}} = U_{S0} \frac{Z_{ES}}{Z_{ES} + Z_{ER}} \quad (2)$$

und an der Anschlußstelle der Rückstromleitung

2) Unter Leerlauf-Berührungsspannung wird die mit einem gegenüber dem Körperwiderstand des Menschen oder eines Nutztiers hochohmigen Spannungsmesser gemessene Berührungsspannung vor der Berührung durch den Menschen oder ein Nutztier verstanden.

$$U_{B0R \max} = U_{S0} \frac{Z_{ER}}{Z_{ES} + Z_{ER}} \quad (3)$$

Aus den Gln. (2) und (3) ist ersichtlich, daß die größten Berührungsspannungen nicht beim Schweißen an einem einzeln stehenden Metallteil mit Anschluß der Rückstromleitung an einem anderen einzeln stehenden Metallteil zu erwarten sind, sondern bei dem — bei unvorschriftsmäßiger Arbeit — in der Praxis viel eher auftretenden Fall des Anschlusses der Rückstromleitung an die Metallkonstruktion einer durchgehenden Standausrüstung.

Da die Erdungsimpedanzen durchgehender Standausrüstungen um eine Zehnerpotenz kleiner sind als die einzeln stehender Metallteile [8], fallen im letzten Fall mehr als 90% der Leerlaufspannung der Schweißstromquelle als Erderspannung an der Schweißstelle ab und können damit als Leerlauf-Berührungsspannung wirksam werden. Die in Tafel 1 zusammengestellten Ergebnisse der Versuchsreihe 1 verdeutlichen diese Verhältnisse. Dabei wurde zur Ermittlung der jeweils möglichen Maximalwerte der Berührungsspannung U_{B200} an einem Rind (Körperwiderstand 200 Ω) der nach [8] ermittelte Maximalwert des Verhältnisses U_{B200}/U_{B0} angesetzt.

2.2. Versuchsreihen 2 und 3

Wird der Anschluß der Rückstromleitung nicht unmittelbar an dem zu schweißenden Bauteil vorgenommen, sondern entgegen den Vorschriften von der Schweißstelle entfernt an durchgehenden Teilen der Standausrüstung (z. B. metallene Wasserleitungen der Selbsttränken oder durchgehende Freßgitter — Bild 2), und wird innerhalb der Stallanlage an diesen Metallteilen oder anderen mit ihnen metallisch verbundenen Metallteilen geschweißt, so ergibt sich die Ersatzschaltung nach Bild 3.

In Stallanlagen ohne Potentialausgleich und Potentialsteuerung liegt im Schweißstromkreis ein Teil des durch die Metallkonstruktionen der Standausrüstung gebildeten Kettenleiters. Den Längsimpedanzen Z_l des Kettenleiters entsprechen die Impedanzen der längs der Standflächen verlaufenden metallischen Ausrüstungen; den Querimpedanzen Z_q zwischen der Standausrüstung und Erde die Erdungsimpedanzen der einzelnen im Stallfußboden gegründeten Teile der Standausrüstung, wie Freßgitter, Metallpfähle von Trenngittern oder für die Befestigung durchgehender Freßgitter. Als Querimpedanzen wirken auch im Erdboden liegende Teile metallener Rohrleitungen, z. B. die aus der Stallanlage hinausführende Wasserleitung, und mit dieser ggf. zusammengeschlossene Blitzschutzterder.

In Stallanlagen mit Potentialausgleich oder mit Potentialausgleich und Potentialsteuerung werden die Längsimpedanzen des Kettenleiters durch Vermaschung der Elemente des Kettenleiters mit Hilfe zusätzlicher elektrisch gut leitender Verbindungen und Potentialausgleichleitungen weiter verringert. Dabei werden in Stallanlagen mit Steuererdern nach Standard TGL 200-0629/01 Abschn. 3.3. gleichzeitig die Querimpedanzen kleiner.

Da die gesamte Längsimpedanz zwischen Schweißstelle und Anschluß der Rückstromleitung sehr klein ist — einige 10 m Ω in Anlagen mit Potentialausgleich (Versuchsreihe 3) oder mit Potentialausgleich und Potentialsteuerung, um die 100 m Ω in Milchviehanlagen ohne Potentialausgleich und Potentialsteuerung (Versuchsreihe 2) —, fließt der größte Teil des Schweißstroms ohne Erdberührung, und damit

Bild 2
Standausrüstung in einer 100er-Milchviehanlage (MVA) mit durchgehender metallener Wasserleitung zur Speisung der Selbsttränken

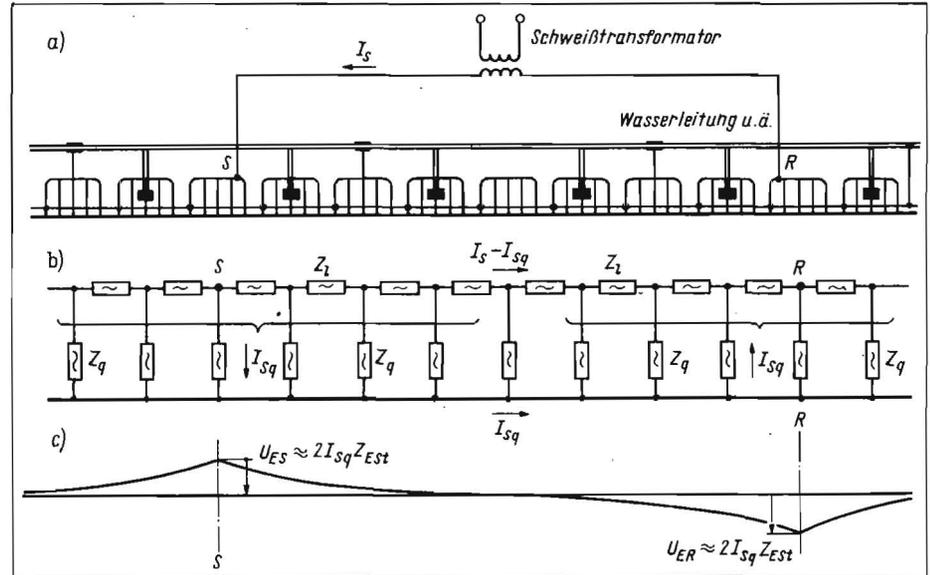


Bild 3. Ersatzschaltung des Kettenleiters der metallenen Standausrüstung bei von der Schweißstelle entferntem Anschluß der Rückstromleitung mit metallischer Verbindung zwischen Schweißstelle und Anschluß der Rückstromleitung über die Standausrüstung oder einen Potentialausgleich; I_{Sq} Anteil des Schweißstroms, Z_{ES} Erdungsimpedanz der Tierproduktionsanlage

- a) Standausrüstung mit Potentialausgleich
- b) Kettenleiter
- c) Potentialverlauf auf dem Stallfußboden

ohne das Potential der Metallteile gegen Erde anzuheben, über diese Längsimpedanz von der Schweißstelle zur Anschlußstelle der Rückstromleitung. Nur ein entsprechend dem Verhältnis Z_l/Z_q kleiner Anteil des Schweißstroms I_{Sq} fließt durch die Querimpedanzen in der Nähe der Schweißstelle nach Erde und durch die Querimpedanzen in der Nähe des Anschlusses der Rückstromleitung aus dem Erdbereich zu diesem zurück. Lediglich dieser Anteil des Schweißstroms verursacht an den Aus- und Eintrittstellen (aus und in Kettenleiter) Erdungsspannungen und damit auch Berührungsspannungen (potentialanhebender Strom).

Bei der Berechnung der Strom- und Spannungsverteilung im Kettenleiter [4] ergibt sich für Stallanlagen mit Potentialausgleich und ggf. Potentialsteuerung eine sehr gute Übereinstimmung mit Meßwerten. In Stallanlagen ohne Potentialausgleich ergeben sich Schwierigkeiten durch die schwer erfassbaren Widerstände

- von Schraubverbindungen zwischen verschiedenen Metallteilen, z. B. Selbsttränke-Freßgitter
- von Klemmverbindungen, z. B. Rohrschel-

len zur Befestigung metallener Rohrleitungen an Freßgittern — von Schraubmuffen in metallenen Rohrleitungen.

Diese Widerstände können besonders bei fortgeschrittener Korrosion der aus mechanischen Gründen hergestellten Verbindungen merkliche Größen erreichen und bei Stromfluß zur Funken- und Lichtbogenbildung mit entsprechender Brandgefahr³⁾ führen. Auch mit der Beschädigung von Rohrleitungen infolge Durchschmelzens der Rohrwandung muß entsprechend den Versuchsergebnissen bei Fehlen des Potentialausgleichs gerechnet werden. Für die näherungsweise Ermittlung der maximal möglichen Leerlauf-Berührungsspannung gilt die Ausgangsbeziehung

$$U_S - U_L = U_{ES} + U_{ER} \quad (4)$$

d. h., unter Vernachlässigung des Spannungsabfalls auf den Schweißleitungen ist die Summe der Erderspannungen U_{ES} an der Schweißstelle und U_{ER} am Anschluß der Rückstromleitung gleich der Ausgangsspannung U_S der Schweißstromquelle beim Fließen des Schweißstroms I_S , vermindert um die Lichtbogenspannung U_L des Schweißlichtbogens.

Versuchsanordnung	Berührungsspannung bei $I_S = 200\text{ A}$ an der Schweißstelle bzw. am Anschluß des Rückstromleiters	im sonstigen Standbereich der Tiere
Stallanlagen ohne Potentialausgleich		
— Schweißstelle am Ende einer Standfläche (Kettenleiterende)	$U_B = 4,93\text{ V}$ $U_{B200} = 2,08\text{ V}$ $U_{B200\text{max}} = 4,20\text{ V}$	$3,84 \dots 4,60\text{ V}$ $1,40 \dots 1,70\text{ V}$ $3,30 \dots 3,90\text{ V}$
— sonstige Lage der Schweißstelle im Bereich der Standflächen	$U_{B0} = 2,63\text{ V}$ $U_{B200} = 0,90\text{ V}$ $U_{B200\text{max}} = 2,24\text{ V}$	$1,05 \dots 3,33\text{ V}$ $0,90 \dots 2,83\text{ V}$
Stallanlagen mit Potentialausgleich		
— beliebige Lage der Schweißstelle im Bereich der Standflächen	$U_{B0} = 0,60 \dots 2,00\text{ V}$ $U_{B200} = 0,20 \dots 1,44\text{ V}$ $U_{B200\text{max}} = 0,50 \dots 1,70\text{ V}$	$0,40 \dots 1,88\text{ V}$ $0,25 \dots 1,60\text{ V}$ $0,34 \dots 1,60\text{ V}$

Tafel 2
Berührungsspannung beim Schweißen an Bauteilen, die mit der von der Schweißstelle entfernten Anschlußstelle der Rückstromleitung metallisch verbunden sind (Versuchsreihen 2 und 3)

— Hoher Kontaktwiderstand in einer korrodierten Verbindung zweier Metallteile in einer Anlage ohne Potentialausgleich. In diesem Fall besteht keine metallische Verbindung zwischen der Schweißstelle und dem Anschluß der Rückstromleitung, d. h., es gelten die Gln. (2) und (3).

2.3. Versuchsreihe 4

Bei vorschriftsmäßigem Schweißen mit Anschluß der Rückstromleitung entsprechend Standard TGL 30270/02 Abschn. 2.2.3.2.1. unmittelbar an das Bauteil, an dem die Schweißung erfolgt, und Verbindung der zu verschweißenden Teile durch eine Kabelbrücke analog Standard TGL 30270/02 Abschn. 2.2.3.2.4., Bild 4a, ist der Schweißstromkreis nur in einem Punkt mit dem geerdeten Kettenleiter der metallenen Standausrüstung verbunden. Damit kann kein Anteil des Schweißstroms über die Querimpedanzen des Kettenleiters nach Erde fließen und dabei Erder- und Berührungsspannungen verursachen. Auch wenn der Schweißlichtbogen nicht zündet, treten keine Berührungsspannungen auf, da die Ursache lediglich in zu hohen Widerständen der nicht entfernten Korrosionsschichten an der Schweißstelle oder am Anschluß der Rückstromleitung bestehen kann. Das Grundmaterial an der Schweißstelle behält dabei immer das Potential der gesamten metallenen Standausrüstung.

Wenn bei der Versuchsreihe 4 an der Schweißstelle trotzdem Leerlauf-Berührungsspannungen bis zu 1 V gemessen wurden, liegt deren Ursache nicht im Fließen des Schweißstroms im Schweißstromkreis. Bei Ausführung eines Potentialausgleichs nach Standard TGL 200-0602/03 Abschn. 1.5. in der Tierproduktionsanlage werden diese Berührungsspannungen durch den Anteil des Betriebsstroms verursacht, der infolge unsymmetrischer Belastung der drei Außenleiter des Niederspannungsnetzes über die Erdungsimpedanz der geerdeten metallenen Standausrüstungen, Rohrleitungen, Blitzschutzerdungen u. a. der Tierproduktionsanlage nach Erde und weiter zum Transformatorsternpunkt in der speisenden Ortsnetz- oder Abnehmerstation fließt. Änderungen der gemessenen Berührungsspannungen mit den Zuständen „Schweißlichtbogen brennt“ und „Schweißstromquelle im Leerlauf“ werden nicht durch das Fließen des Schweißstroms im Schweißstromkreis hervorgerufen, sondern durch die Änderung der Unsymmetrie der Netzbelastung wegen der unterschiedlichen Höhe der bei diesen Zuständen durch die Schweißstromquelle erfolgenden Stromaufnahme aus dem Netz.

Die in der Versuchsreihe 4 ermittelten, durch die Unsymmetrie der Belastung des Niederspannungsnetzes verursachten Berührungsspannungen treten nicht nur bei vorschriftsmäßigem Schweißen, sondern auch bei unvorschriftsmäßigem Schweißen mit von der Schweißstelle entferntem Anschluß der Rückstromleitung in allen

Aus den durchgeführten Untersuchungen ergibt sich unter Beachtung der statischen Kennlinien der Schweißstromquellen und der Abhängigkeit der Lichtbogenspannung vom Schweißstrom

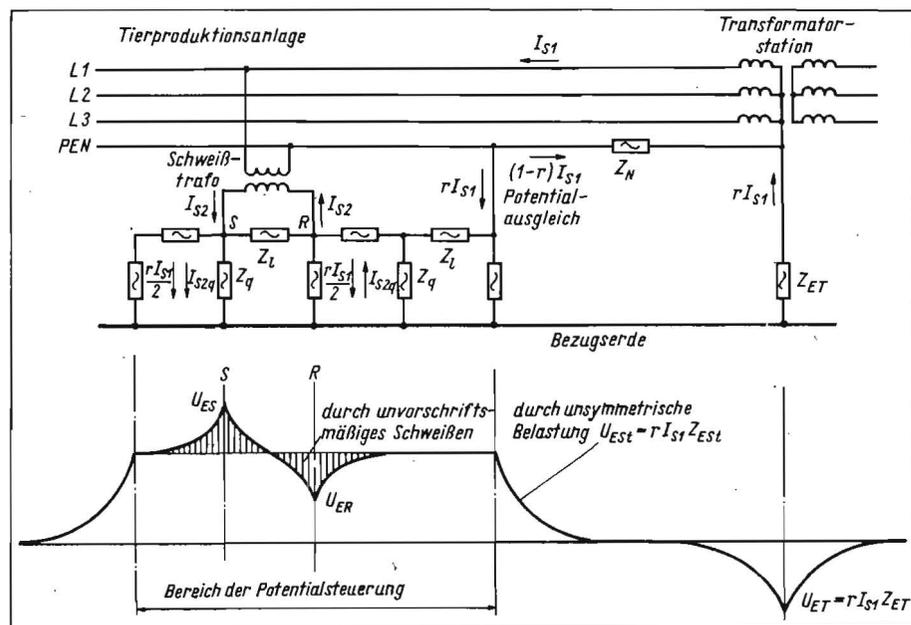
$$U_S - U_L = 2 \dots 5\text{ V.}$$

Daraus folgt, daß die Leerlauf-Berührungsspannungen an der Schweißstelle und am Anschluß der Rückstromleitung nur einige Volt betragen können. Die Berührungsspannungen über den Körperwiderständen der Tiere sind noch kleiner. Die in Tafel 2 zusammengestellten, auf einen maximal zu erwartenden Schweißstrom⁴⁾ von 200 A umgerechneten Ergebnisse der Versuchsreihen 2 und 3 verdeutlichen diese Verhältnisse. Zur Ermittlung der jeweils möglichen Maximalwerte der Berührungsspannungen an einem Rind wurde wieder der nach [8] ermittelte Maximalwert des Verhältnisses U_{B200}/U_{B0} angesetzt. In Übereinstimmung mit der Theorie der Ket-

tenleiter ergeben sich in Stallanlagen ohne Potentialausgleich nach Standard TGL 200-0629/01 die höchsten Berührungsspannungen wegen der in diesem Fall höheren Querimpedanzen nach Erde, wenn sich die Schweißstelle oder die Anschlußstelle der Rückstromleitung an einem Standflächenende (Kettenleiterende) befindet. Der Potentialausgleich wirkt durch Verringerung des Verhältnisses Z_l/Z_q berührungsspannungsmindernd. Zündet der Schweißlichtbogen bei Schweißstromkreisen der Versuchsreihen 2 und 3 nicht, kann das zwei Ursachen haben:

— Eine hochohmige Korrosionsschicht [9] auf dem Metall an der Schweißstelle oder am Anschluß der Rückstromleitung durch mangelhafte Vorbereitung. In diesem Fall erfolgt der Spannungsabfall über den Widerstand dieser Korrosionsschicht. Berührungsspannungen entstehen praktisch nicht, da der Strom im Schweißstromkreis sehr klein ist.

Bild 4. Erdungsspannungen und Potentialverlauf in einer Tierproduktionsanlage bei von der Schweißstelle entferntem Anschluß der Rückstromleitung und metallischer Verbindung zwischen Schweißstelle und Anschluß der Rückstromleitung über die Standausrüstung oder einen Potentialausgleich; Z_N Impedanz des Neutralleiters, Z_{ET} Erdungsimpedanz der speisenden Transformatorstation, r Reduktionsfaktor des PEN-Leiters, I_{S2q} potentialanhebender Teil des Schweißstroms I_{S2} , Z_{ES} Erdungsimpedanz der Tierproduktionsanlage



3) Bei Durchführung eines Versuchs mit 120 A Schweißstrom mit Fluß des Schweißstroms über die mit Schraubmuffen verbundene Wasserleitung zur Speisung der Selbsttränken einer 100er-MVA kam es in einer korrodierten T-Muffe zur Lichtbogenbildung mit etwa 3 m weit sprühenden Funken und nach wenigen Minuten zur örtlichen Zerstörung des Wasserrohres mit nachfolgendem Wasseraustritt.

4) Bei Anschluß eines Schweißtransformators über eine Schutzkontaktsteckdose ist ein maximaler Schweißstrom von 140 A zulässig.

Fällen, in denen Teile des Kettenleiters der metallenen Standausrüstungen und des Schweißstromkreises identisch sind, auf. Lediglich in der Versuchsreihe 1 waren alle gemessenen Berührungsspannungen an der Schweißstelle von der Unsymmetrie der Netzbelastung unabhängig. Bei allen anderen Versuchen sind die gemessenen Berührungsspannungen das Ergebnis der Überlagerung der durch den Schweißstrom und die Unsymmetrie der Netzbelastung hervorgerufenen Berührungsspannungen. Im Bild 4 sind die Verhältnisse für einen Fall analog den Versuchsreihen 2 und 3 vereinfacht dargestellt unter der Annahme, daß die Schweißstromquelle die einzige unsymmetrisch an das Niederspannungsnetz geschaltete Last darstellt.

3. Regeln für Elektro-Schweiß- und -Schneidarbeiten

In Tafel 3 sind die Regeln für Elektro-Schweiß- und -Schneidarbeiten in belegten Tieranlagen in Form einer Arbeitsunterweisung zusammengestellt.

4. Zusammenfassung

Aus den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen ergeben sich nachstehende Schlußfolgerungen für Elektroschweißarbeiten in belegten Stallanlagen:

- Die im Standard TGL 30270/02 Abschn. 2.2.4.2.5.2. für Schweiß- und Schneidarbeiten in mit Rindern, Schweinen, Pferden oder Schafen belegten Räumen geforderten Begrenzungen der zulässigen Leerlaufspannungen der Schweißstromquellen sind physikalisch nicht begründet.
- In Übereinstimmung mit den sonstigen Forderungen nach Standard TGL 30270 durchgeführte Elektroschweißarbeiten verursachen bei Verwendung von Schweißstromquellen mit den nach Standard TGL 30270/02 Abschn. 2.2.4.2.1. grundsätzlich zulässigen Leerlaufspannungen (bis 100 V für Gleichstromlichtbogen-Schweißgeneratoren und -umformer, bis 100 V Scheitelwert für Lichtbogen-Schweißgeneratoren anderer Stromformen und Lichtbogen-Schweißgleichrichter und bis 70 V Effektivwert für Lichtbogen-Schweißtransformatoren) keine für Nutztiere gefährliche oder diese ernstlich (Abwehr- und Fluchtreaktionen) beunruhigende Berührungsspannungen.
- Bei Elektroschweißarbeiten in belegten Stallanlagen sind zur Vermeidung einer direkten Berührung spannungsführender Teile des Schweißstromkreises Schweißstromquelle, Netzzuleitung, Schweißleitungen und Elektrodenhalter so aufzustellen, zu verlegen oder abzulegen, daß sie von den Tieren nicht erreicht (Tritt, Biß u. ä.) werden können.
- Die Forderung nach Standard TGL 30270/02 Abschn. 2.2.3.2.1. ist streng einzuhalten. Bei Nichteinhaltung besteht die Gefahr der Beunruhigung der Tiere bei hohen Schweißströmen und Brandgefahr infolge Funken- und Lichtbogenbildung an korrodierten Kontaktstellen von metallenen Rohrleitungen und im Bereich der Standausrüstungen.
- Analog der Forderung nach Standard TGL 30270/02 Abschn. 2.2.3.2.4. ist durch eine elektrisch gut leitende Verbindung der zu verschweißenden Bauteile (Kabelbrücke) ein Stromaustritt aus dem unmittelbaren Schweißstromkreis zu vermeiden. Die Verbindung ist vor dem Schweißen auf Strom-

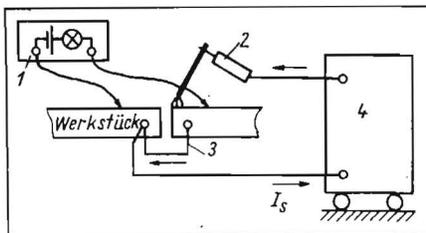


Bild 5. Anschluß der Schweißstromquelle und des Durchgangsprüfers beim Elektroschweißen in belegten Tieranlagen; 1 Durchgangsprüfer zur Kontrolle vor dem Schweißen, 2 Elektrodenhalter, 3 Kabelbrücke, 4 Schweißstromquelle



Bild 6. Vorschriftsmäßige Ausführung einer Schweißarbeit in einer belegten Stallanlage

durchgang zu prüfen, da bei den zulässigen Leerlaufspannungen der Schweißstromquelle trockene Rostschichten isolierend wirken können (Bild 6).

- Im Hinblick auf Brandgefährdung (Funkenflug), Elektrosicherheit, akustische Einwirkungen und Gewährleistung der Bewegungsfreiheit des Schweißers sind Nutztiere von der Schweißstelle in jeder Richtung der Standfläche mindestens 5 m entfernt zu halten (Schweißgefährdungszone). In Milchvieh-, Jungrinder-, Schweinemast-, Schweinezuchtanlagen und anderen ähnlich aufgebauten Anlagen gelten Futtergänge mit mindestens 3 m Breite ohne metallische Ausrüstungen als ausreichende Trennung der Tiere von der Schweißstelle.
- Zur Verringerung der Dauer des Anstehens

Tafel 3. Regeln für Elektro-Schweiß- und -Schneidarbeiten in belegten Tieranlagen

1. Das verwendete Elektroschweißgerät muß gemäß ABAO 900/1 § 9 aktenkundig überprüft sein.
2. Die Schweißleitungen (Zu- und Rückleitung) und der Elektrodenhalter müssen ausreichend isoliert sein.
3. Nutztiere (Rinder, Schweine, Schafe, Pferde) sind von der Schweißstelle in jeder Richtung mindestens 5 m zu entfernen.
4. Der notwendige Blendschutz gegen Augenverblitzen der Tiere ist aufzustellen.
5. Das Elektroschweißgerät, die Netzzuleitung und die Schweißleitungen müssen so aufgestellt und verlegt werden, daß sie von den Tieren nicht erreicht werden können.
6. Die Klemme der Rückstromleitung ist in unmittelbarer Nähe der Schweißstelle an das zu schweißende Werkstück fest anzuschließen. Vor dem Abschließen der Klemme sind Schmutz- und Oxydschichten an der Anschlußstelle zu entfernen.
7. Die zu verschweißenden Teile sind durch eine isolierte Leitung miteinander elektrisch leitend zu verbinden (Kabelbrücke). Der Leitungsquerschnitt der Kabelbrücke muß der maximalen Schweißstromstärke entsprechen. Der Mindestquerschnitt beträgt 25 mm² Kupferleitung (Bild 5).
8. Die Wirksamkeit der Kabelbrücke ist mit einem elektrischen Durchgangsprüfer (z. B. Typ „Prüffix“) zu prüfen. Der Durchgangsprüfer muß Stromdurchgang zwischen den miteinander zu verschweißenden Werkstücken anzeigen (Lampe beim Gerät „Prüffix“ leuchtet).
9. Das Elektroschweißgerät darf erst eingeschaltet werden, wenn die Punkte 1. bis 8. dieser Anordnung erfüllt sind.
10. Bei Arbeitsunterbrechung ist das Elektroschweißgerät sofort auszuschalten.

der Leerlaufspannung am Elektrodenhalter und dessen Schweißleitung sowie zur Verringerung der Einwirkdauer entstehender Berührungsspannungen infolge unsymmetrischer Belastung des Niederspannungsnetzes durch die einphasig angeschaltete Schweißstromquelle ist die Schweißstromquelle bei Arbeitsunterbrechungen sofort abzuschalten.

— Im Hinblick auf die o. g. Schlußfolgerungen ist die Erfüllung der Forderung nach Standard TGL 30270/03 Abschn. 1.2.16. [10] für die Ausführung von Elektroschweißarbeiten in belegten Stallanlagen nicht mehr wesentlich und kann im ungünstigsten Fall sogar zum von der Schweißstelle getrennten Anschluß der Rückstromleitung verleiten. Sie sollte daher entfallen.

Literatur

- [1] TGL 30270/02 Gesundheits- und Arbeitsschutz, Brandschutz; Schweißen, Schneiden und ähnliche thermische Verfahren; Sicherheitstechnische Forderungen. Ausg. Dezember 1978.
- [2] Müller, R.: Elektroschweißen in belegten Großställen. Der Elektro-Praktiker 34 (1980) H. 5, S. 156—157.
- [3] Müller, R.: Elektroschweißen in belegten Großställen. agrartechnik 30 (1980) H. 10, S. 440—441.
- [4] Feydt, M.; Damme, E.; Henning, H.; Meixner, M.; Rößner, H.; Ruhland, M.; Berührungsspannungen bei Lichtbogenschweiß- und -schneidarbeiten in Anlagen der Tierproduktion. Bericht der gemeinsamen Arbeitsgruppe Schutzmaßnahmen in Tierproduktionsanlagen des FUA 1.9 und FUA 1.15 der KDT, Dresden, Dezember 1980.
- [5] TGL 200-0602/03 Schutzmaßnahmen in elektrotechnischen Anlagen; Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung an betriebsmäßig nicht unter Spannung stehenden Teilen. Ausg. Dezember 1970.
- [6] TGL 200-0629/01 Elektrotechnische Anlagen in der Landwirtschaft; Errichten. Ausg. März 1974.
- [7] TGL 200-0603/08 Erdung in elektrotechnischen Anlagen; Prüfung von Erdungsanlagen. Ausg. Juni 1974.
- [8] Feydt, M.; Rößner, H.; Damme, E.; Meixner, M.; Ruhland, M.: Potentialausgleich und Potentialsteuerung in Stallanlagen. Der Elektro-Praktiker 35 (1981) H. 10, S. 349—352.
- [9] Irsesberger, G.: Elektrische Durchschlagsspannung von Rostschichten, Schweizer Maschinenmarkt 77 (1977) H. 51, S. 38—39.